

Offen gekühltes Bauteil für eine Gasturbine, Brennkammer und Gasturbine

Die vorliegende Erfindung betrifft ein offen gekühltes Bauteil für eine Gasturbine mit einer heißgasbeaufschlagten Außenwand, welche zumindest teilweise einen ersten Hohlraum für ein erstes Mittel begrenzt und in der Durchgangsöffnungen angeordnet sind, welche Durchgangsöffnungen einerseits in den Hohlraum und andererseits in den Heißgasraum münden sowie mit zumindest einem zweiten Hohlraum zum Zumischen eines ein zweiten Mittels, der mit den Durchgangsöffnungen in Strömungsverbindung steht. Die Erfindung betrifft ferner eine Brennkammer sowie eine Gasturbine.

Brennkammerwände sowie auch Gasturbinenschaufeln sind beim bestimmungsgemäßen Betrieb der Gasturbine einer hohen physikalischen Beanspruchung ausgesetzt. Um die Brennkammer sowie die Schaufel gegen die hohe Beanspruchung beständiger zu machen, sind diese Bauteile mit einer Kühlung versehen. Sofern Luft als Kühlmittel verwendet wird, wird diese aus einem der Brennkammer vorgeschalteten Verdichter mit Diffusor entnommen und geht dem Verbrennungsprozess verloren. Als Folge steigen Flammtemperaturen sowie NO<sub>x</sub>-Emissionen an.

Die Wand einer Brennkammer wird entweder offen oder geschlossen gekühlt. Die offene Kühlung ist dabei als konvektive Kühlung, Filmkühlung oder auch als Prallkühlung mit einem Kühl luftauslass in den Verbrennungsraum ausgebildet. Die geschlossene Kühlung erfordert einen höheren konstruktiven Aufwand und führt zu einem erhöhten Druckverlust aufgrund der Kühl luftführung und der Kühlung selbst.

Um den negativen Effekt, den die Kühl luftentnahme verursacht, zu reduzieren, ist es bekannt Brennstoff zuzugeben. Im Stand der Technik ist dies als Kühl luftnachheizung oder im weiteren

Sinne auch als gestufte Verbrennung bekannt.

Hierzu zeigt die US 5,125,793 eine Turbinenschaufel einer Gasturbine mit einer einen Hohlraum umschließenden doppelwandigen Außenwand. In der doppelwandigen Außenwand ist ein Strömungskanal für Luft angeordnet. Im Hohlraum strömt ein flüssiger Brennstoff, welcher durch Durchgangöffnungen in den in der Doppelwand befindlichen Strömungskanal eingedüst wird und der dort auf einen Katalysator trifft. Durch den Katalysator zerlegt sich der Brennstoff endothermisch in zumindest ein brennbares Gas, was die Schaufel kühlt. Die Luft transportiert die Gase zum einem Auslass, von dem aus das Gemisch in die Turbine einströmen und dort verbrennen kann.

Ferner ist aus der US 6,192,688 eine Brennkammer einer Gasturbine mit mehreren hohlen freistehenden Speichen bekannt, in deren Hohlraum ein Brennstoff geführt wird. Der Hohlraum ist durch Öffnungen mit dem Verbrennungsraum verbunden. In einem in der Außenwand der Speichen angeordneten Versorgungs-kanal wird zusätzlich Luft zu den Öffnungen geführt, um in Verbindung mit dem Brennstoff ein brennbares Gemisch zu erhalten, welches in die Brennkammer zur NO<sub>x</sub>-Reduzierung während des Betriebs der Gasturbine eingespeist wird.

Nachteilig an den bekannten Konzepten ist, dass zur Vermischung von Kühl Luft und Brennstoff ein Volumen bereitzustellen ist, indem sich die Reaktionspartner durch Selbstzündung oder Flammenrückschlag in den Bauteilen entzünden können. Hierdurch bilden sich unter Umständen stabile Verbrennungs-vorgänge aus, so dass die Kühlwirkung des Brennstoff-Luftgemisches verloren geht bzw. das Bauteil durch die intern auftretende Verbrennung Schaden nehmen kann.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Bauteil für eine Gasturbine, eine Brennkammer sowie eine Gasturbine anzugeben, mit denen die oben beschriebenen Nachteile reduziert werden können.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Lösung sieht vor, dass eine getrennte Führung von Kühl-mittel und Brennstoff in getrennten Kanälen erfolgt. Die Ver-mischung dieser beiden Mittel zu einem brennbaren Gemisch ge-schieht daher erst kurz vor der Ausblasung in das Heißgas. Somit wird verhindert, dass das brennbare Gemisch in den Bau-teilen selber, also außerhalb des Strömungskanals und/oder außerhalb der Brennkammer, sich durch Flammenrückschlag oder Selbstentzündung entzündet.

Dies wird erreicht, indem der zweite Hohlraum durch in der Außenwand vorgesehenen Versorgungskanäle gebildet wird, die über Querkanäle mit den als Durchgangbohrung ausgebildeten Durchgangsöffnungen in Verbindung stehen, so dass die beiden Mittel erst innerhalb der Durchgangsbohrungen vermischbar sind.

Mit der Erfindung wird ferner eine Brennkammer für eine Gasturbine mit einem Wandelement vorgeschlagen, welches eine dementsprechende Anordnung aufweist.

Von der doppelwandigen aus dem Stand der Technik bekannten Ausführung wendet sich die Erfindung ab. Dadurch kann der bisher zwischen der Doppelwand gebildete zweite Hohlraum als Versorgungskanal in die Außenwand eingebettet werden, welcher über separate Querkanäle mit den Durchgangsöffnungen verbun-den wird. Hierdurch wird erstmals somit eine Möglichkeit ge-schaffen, ein Mischvolumen im Bauteil im wesentlichen voll-ständig zu vermeiden, wodurch Flammenrückschlag und Selbst-zündung im Bauteil weitgehend vermieden werden können. Ferner kann mit einem als Wandelement einer Brennkammer ausgebil-de-ten Bauteil eine Flammentemperaturerhöhung bei einer offenen Kühlung reduziert werden, da die Kühlluft nunmehr ohne die

oben beschriebenen Nachteile mit Brennstoff angereichert werden kann. Die vorliegende Erfindung ermöglicht daher, dass der Kühlluftstrom ohne negative Auswirkungen auf die Verbrennung angehoben werden kann.

Mit der vorliegenden Erfindung kann ferner erreicht werden, dass die Flammenakustik beeinflusst, insbesondere verstimmt, werden kann. Die Durchgangsöffnung kann beispielsweise dazu vorgesehen sein, dass die Kühlluft in den Brennraum der Brennkammer strömt. Über den in der Außenwand des Bauteils vorgesehenen Versorgungskanal kann Brennstoff zugeführt werden, der sich beim Einströmen in die Durchgangsöffnung mit der Kühlluft mischt und so ein brennbares Gemisch bildet. Ein Flammenrückschlag wird insofern vermieden, als dass vor der Mündung des Querkanals in der Durchgangsöffnung kein zündfähiges Gemisch in einem der Versorgungskanäle oder in den Hohlräumen vorliegt. Somit können die oben genannten unerwünschten, teilweise gefährlichen, Zustände vermieden werden.

In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, die Außenwand eine Vielzahl von Durchgangsbohrungen, eine Vielzahl von zwischen den Bohrungen verlaufenden Versorgungskanälen und eine Vielzahl von die Versorgungskanälen mit den Durchgangsbohrungen vernetzenden weiteren Querkanälen aufweist. Durch die netzartige Struktur der Kanäle und Bohrungen kann eine Vergleichmäßigung des in die Brennkammer strömenden Gemisches aus Brennstoff und Kühlluft erreicht werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das Bauteil gleichmäßiger zu kühlen, so dass lokale Überhitzungen vermieden werden können.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass das Bauteil wenigstens zwei miteinander verbindbare Schichten aufweist. So kann beispielsweise eine Schicht den Kanal aufweisen, während eine zweite Schicht brennkammerseitig aus einem besonders widerstandsfähigem Werkstoff gebildet ist. Eine hohe Belastbarkeit des Bauteils kann erreicht werden.

Es wird ferner vorgeschlagen, dass der Kanal in wenigstens einer Schichtoberfläche einer der Schichten verbindungsseitig eingebracht ist. Der Kanal kann auf diese Weise durch Fräsen oder ähnliche Werkstoff abtragende Verfahren in die Oberfläche einer Schicht eingebracht werden, wobei durch Zusammensetzen der benachbarten Schichten geschlossene Kanäle gebildet werden. Der Kanal kann hierdurch mittels bekannter sowie auch kostengünstiger Verfahren in das Bauteil eingebracht werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass der Hohlraum mit einer ersten Fluidquelle und der Versorgungskanal mit einer zweiten Fluidquelle verbindbar ist. Beide Fluide, d.h. Mittel, können zur Kühlung der Schaufel so verwendet werden, dass die zur Kühlung erforderliche Luftmenge reduziert wird. Eine größere Luftmenge steht dem Verbrennungsprozess zur Verfügung, so dass hohe Flammentemperaturen sowie NO<sub>x</sub>-Emission reduziert werden können. Der Schaufel liegt grundsätzlich dasselbe Prinzip wie für das Wandelement der Brennkammer zu Grunde. Auch hier existiert im Wesentlichen kein Mischvolumen, so dass Flammenrückschlag und Selbstzündung weitgehend vermieden werden. Die Zuverlässigkeit der Gasturbine in Bezug auf defekte Schaufeln kann erhöht werden. Wie auch bei der Brennkammer kann der Kühlluftstrom ohne negative Auswirkungen auf die Verbrennung erhöht werden sowie die Flammenakustik verstimmt werden.

Mit der Erfindung wird ferner vorgeschlagen, dass einer der beiden Fluidquellen eine Oxidationsmittelquelle und die andere Fluidquelle eine Brennstoffquelle ist. Vorteilhaft kann erreicht werden, dass ein zündfähiges Gemisch erst im Bereich der Mündung der Durchgangsöffnung in den Strömungskanal der Gasturbine entsteht, wenn die Mündung der Kanäle hinreichend nahe der Mündung der Durchgangsöffnung im Strömungskanal angeordnet ist.

Die Erfindung schlägt auch eine Gasturbine vor, wobei die Gasturbine eine erfindungsgemäße Brennkammer aufweist. Die negativen Auswirkungen, wie sie oben beschrieben sind, können durch Zuführung von Brennstoff weitgehend reduziert werden, wobei die erfindungsgemäße Brennkammer einen sicheren Betrieb hinsichtlich Selbstzündung und Flammenrückschlag ermöglicht. Ferner kann vorteilhaft auf die Flammenakustik Einfluss genommen werden, um hierdurch bedingte Beanspruchungen und Verschleiß zu reduzieren.

Die Erfindung schlägt darüber hinaus eine Gasturbine mit einem als Schaufel ausgebildeten Bauteil vor. Die Kühlwirkung für die Schaufel der Turbineneinheit, welche als feststehende Leitschaufel sowie auch als rotierende Laufschaufel ausgebildet sein kann, kann durch Erhöhung der Kühlluftströmung verbessert werden, wobei die negativen Auswirkungen auf die Verbrennung weitgehend vermieden werden können. Auch mit dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung lässt sich ein Einfluss auf das Verstimmen der Flammenakustik ausüben. Verschleißerscheinungen können weiter reduziert werden.

Weitere Vorteile und Merkmale sind der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen zu entnehmen. Im Wesentlichen gleichbleibende Elemente sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Ferner wird bezüglich gleicher Merkmale und Funktionen auf die Beschreibung zum Ausführungsbeispiel in Fig. 1 verwiesen.

Es zeigen:

Fig. 1: einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Wandelement für eine Brennkammer,

Fig. 2: einen Schnitt durch das Wandelement in Fig. 1 entlang einer Linie I-I,

Fig. 3: eine schematische Darstellung eines Systems von Kanälen in einem Wandelement gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 4: eine schematische Darstellung einer Schaufel in einem Strömungskanal einer Gasturbine und

Fig. 5: einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Schaufel.

Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes als Wandelement 2 ausgebildetes Bauteil mit einer Vielzahl von Durchgangsöffnungen 3 durch die Kühlluft in die Brennkammer eintreten kann. Das Wandelement 2 weist ferner Querkanäle 4 auf, die mit einem Ende jeweils in eine Durchgangsöffnung 3 münden. Über Verbindungskanäle 9 ist ein fluider Brennstoff zuführbar, der über die Querkanäle 4 zu den Durchgangsöffnungen 3 geführt wird und dort in die Strömung der Kühlluft eingeleitet wird. Fig. 2 verdeutlicht dieses System von Kanälen für die Brennstoffzufuhr. Das Wandelement 2 weist zwei mit einander verbindbare Schichten 6, 7 auf. In der verbindungsseitigen Schichtoberfläche der Schicht 6 ist das Kanalsystem durch Fräsen eingebracht. Durch die Verbindung der Schichten 6 und 7 werden geschlossene Kanäle 4 und 9 gebildet.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf die Oberfläche der Schicht 6 des Wandelements 2 in dem die Kanäle 4 und 9 eingebracht sind. Der Verbindungskanal 9 ist einstückig mit dem Wandelement ausgebildet.

In der vorliegenden Ausgestaltung ist die Brennkammer aus einer Vielzahl von Wandelementen 2 modular aufgebaut. Das Wandelement 2 kann vorteilhaft auch als Hitzeschild, Liner und dergleichen verwendet werden.

In Fig. 4 ist ein Ausschnitt aus einem Strömungskanal einer Gasturbine schematisch dargestellt, indem eine Schaufel 10 angeordnet ist. In den als Strömungskanal 11 ausgebildeten

Heißgasraum 21 münden Durchgangsöffnungen 12, wobei in deren Mündungsbereich Einmündungen von Querkanälen 13 schematisch angedeutet sind.

Einen Schnitt durch eine solche Schaufel 10 zeigt Fig. 5. In dieser Ausgestaltung umschließt eine Schaufelwand 14 einen Hohlraum 15, wobei die Schaufelwand 17 mit Durchgangsöffnungen 12 versehen ist. Über den Hohlraum 15 ist Kühlluft zuführbar, die durch die Durchgangsöffnungen 12 in den Strömungskanal 11 austritt. Die Schaufelwand 14 ist ferner mit einem System aus Versorgungskanälen 13 versehen, die über Querkanäle 4 jeweils mit den Durchgangsöffnungen 12 verbunden sind. Die Versorgungskanäle 13 sind mit einer fluiden Brennstoffquelle in strömungstechnischer Verbindung. In dieser Ausgestaltung ist die Schaufel 14 zweischichtig aufgebaut, bestehend aus einer äußeren Schicht 16 sowie einer den Hohlraum 15 bildenden inneren Schicht 17. Die innere Schicht 17 weist auf ihrer der Schicht 16 zugewandten Seite durch Fräsen eingebrachte Ausnehmungen auf, die das Kanalsystem mit den Versorgungskanälen 13 bilden.

Erfindungsgemäß wird Luft als Kühlluft für die Schaufel 10 über Durchgangsöffnungen 12 als Oxidationsmittel in den Strömungskanal 11 geführt. An der Einmündung des Querkanals 13 wird der fluide Brennstoff in die Durchgangsöffnungen 12 der Schaufelwand 14 eingeleitet, so dass ein zündfähiges Gemisch entsteht.

Hinsichtlich des Wandelements 2 der Brennkammer wird Luft als Kühlmittel und Oxidationsmittel durch die Durchgangsöffnung 3 des Wandelements 2 in die Brennkammer geführt. Zugleich wird in die Kühlluftströmung im Bereich der Kanalmündung 5 des Querkanals 4 ein fluider Brennstoff in die Kühlluft eingeführt, so dass ebenfalls ein zündfähiges Gemisch entsteht.

Aus dem Vorliegenden ergibt sich, dass das zündfähige Gemisch erst im Bereich der Mündung der Durchgangsöffnungen 3, 12 in

die Brennkammer bzw. den Strömungskanal 11 der Gasturbine entsteht. Auf diese Weise wird ein Flammenrückschlag in das jeweilige Kanalsystem hinein mit den hierdurch verursachten Schäden verhindert. Durch gezielte Variation der Brennstoffzufuhr kann darüber hinaus die Flammenakustik beeinflusst werden. Dies wirkt sich ebenfalls vorteilhaft auf den Verschleiss und die Zuverlässigkeit der Gasturbine aus.

Die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele dienen lediglich der Erläuterung der Erfindung und sind für diese nicht beschränkend. So können insbesondere die Zahl und Anordnung der Kanäle und Durchgangsöffnungen sowie auch die Verfahren zur Herstellung variiert werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Auch eine Verwendung anderer Fluide als Luft wie beispielsweise Stickstoff, Kohlendioxid oder auch flüssige Stoffe kann im Rahmen der Erfindung vorgesehen sein. Insbesondere ist auch eine Kombination eines bereits vorhanden Kühlsystems mit der vorliegenden Erfindung umfasst.

## Patentansprüche

1. Offen gekühltes Bauteil für eine Gasturbine,  
mit einer heißgasbeaufschlagten Außenwand (20), welche  
zumindest teilweise einen ersten Hohlraum (15) für ein  
erstes Mittel begrenzt und in der Durchgangsöffnungen (3,  
12) angeordnet sind, welche Durchgangsöffnungen (3, 12)  
einerseits in den Hohlraum (15) und andererseits in den  
Heißgasraum (21) münden sowie  
mit zumindest einem zweiten Hohlraum zum Zumischen eines  
ein zweiten Mittels, der mit den Durchgangsöffnungen (3,  
12) in Strömungsverbindung steht,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der zweite Hohlraum durch in der Außenwand vorgese-  
henen (20) Versorgungskanäle (9, 13) gebildet wird, die  
über Querkanäle (4) mit den als Durchgangbohrung ausge-  
bildeten Durchgangsöffnungen (3, 12) in Verbindung ste-  
hen, so dass die beiden Mittel erst innerhalb der Durch-  
gangsbohrungen vermischtbar sind.
2. Bauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Außenwand (20) eine Vielzahl von Durchgangsbohr-  
ungen, eine Vielzahl von zwischen den Bohrungen verlau-  
fenden Versorgungskanälen (9, 13) und eine Vielzahl von  
die Versorgungskanälen (9, 13) mit den Durchgangsbohrun-  
gen vernetzenden weiteren Querkanälen (4) aufweist.
3. Bauteil nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Außenwand (2) wenigstens zwei miteinander ver-  
bindbare Schichten (6, 7, 16, 17) aufweist.
4. Bauteil nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Kanäle (4, 9, 13) zwischen den beiden Schichten  
(6, 7) in wenigstens einer Schichtoberfläche (6) einge-

bracht ist.

5. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Hohlraum (15) mit einer ersten Fluidquelle und die Versorgungskanäle (9, 13) mit einer zweiten Fluidquelle verbindbar ist.
6. Bauteil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass einer der beiden Fluidquellen eine Oxidationsmittelquelle und die andere Fluidquelle eine Brennstoffquelle ist.
7. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil ein Wandelement (2) einer Brennkammer oder eine Schaufel (10) einer Gasturbine ist.
8. Brennkammer für eine Gasturbine mit einem als Wandelement (2) ausgebildeten Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 7.
9. Gasturbine mit einer Brennkammer nach Anspruch 8.
10. Gasturbine mit einem als Schaufel ausgebildetem Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

1 / 2

FIG 1

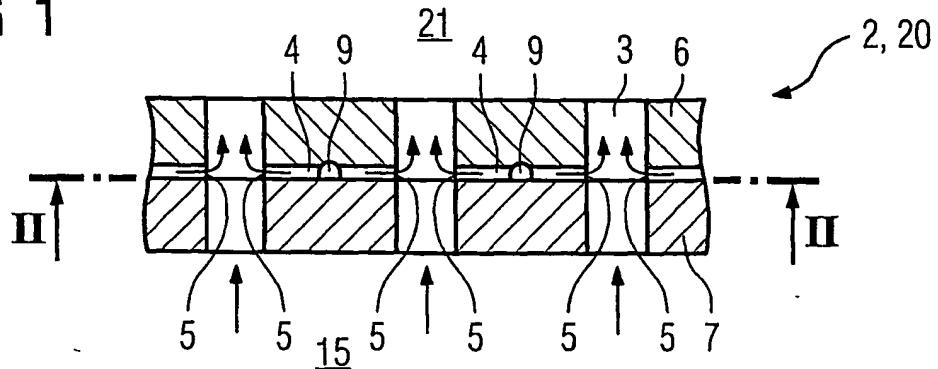


FIG 2

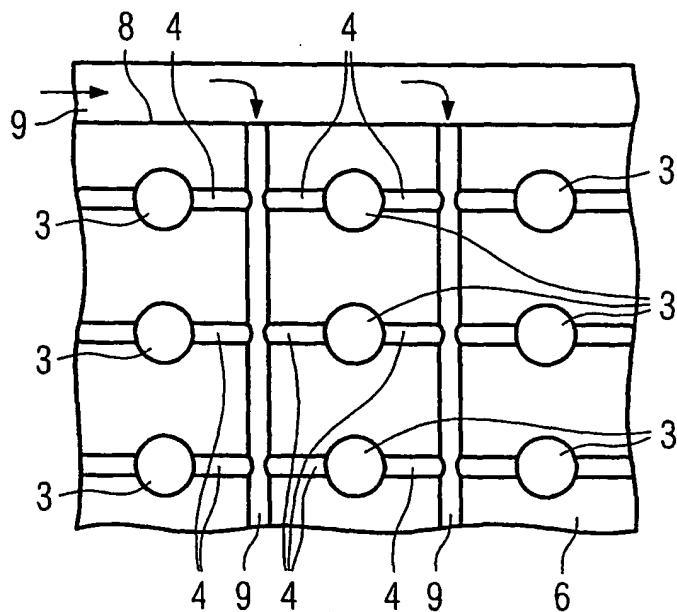
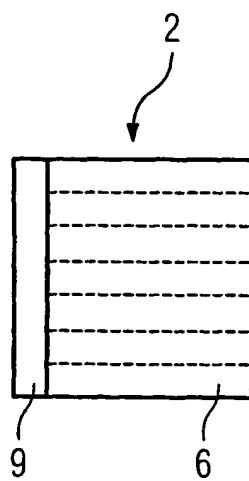


FIG 3



2/2

FIG 4

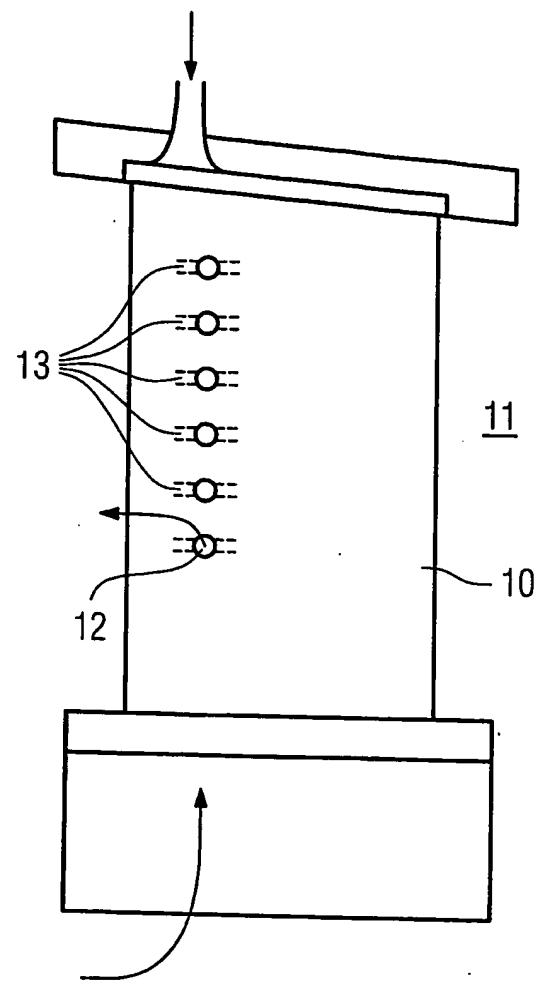


FIG 5

